

**Producción de juveniles de bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*)
bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.**

Jorge Alexander Rubio Parada

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE ZOOTECNIA**

2020

**Producción de juveniles de bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*)
bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.**

Jorge Alexander Rubio Parada

Trabajo de grado modalidad investigación, para obtener el título de Zootecnista

M.V. Esp. Jorge Edwin Gelvez Higuera

Director

Ph.D. M.Sc. Zootecnista Camilo Guerrero Alvarado

Codirector

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER**

2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1. PROBLEMA.....	8
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3. OBJETIVOS.....	11
2.MARCO REFERENCIAL.....	12
2.1 MARCO TEÓRICO.....	12
2.1.1 Bocachico del Catatumbo (<i>Prochilodus reticulatus</i>).....	12
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	16
3.DISEÑO METODOLÓGICO.....	17
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.3 ETAPA PRE-EXPERIMENTAL.....	19
3.4 FASE EXPERIMENTAL.....	19
3.5 ELABORACIÓN DEL CONCENTRADO.....	22
3.6. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO.....	25
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
4. RESULTADOS.....	27
4.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA.....	27
4.1.1. Análisis estadístico a las características fisicoquímicas del agua en los diferentes tanques.....	28
4.2 VARIABLES DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO.....	30
4.2.1 Análisis Estadístico Variables de desempeño productivo.....	31
5. DISCUSIÓN.....	36
5.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA.....	36
5.2 VARIABLES DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO.....	37
6. CONCLUSIONES.....	43
7. RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Bocachico del Catatumbo (<i>Prochilodus reticulatus</i>). Fuente: Mojica, et al, (2012).	12
Figura 2. Cuencas de los ríos Ranchería y Catatumbo, lugares donde habita el Bocachico del Catatumbo (<i>Prochilodus reticulatus</i>) Fuente: Mojica et al., (2012)	13
Figura 3. Alevinos previos a su periodo pre experimental. Fuente: Autor, (2020).	19
Figura 4. Tanques experimentales, previo al comienzo del experimento. Fuente: Autor, (2020).	20
Figura 5. Plano de distribución de los tanques en el laboratorio. Fuente: Autor, (2020).	21
Figura 6. Tanques experimentales en funcionamiento. (sistema de aireación y filtros). Fuente: Autor, (2020).	21
Figura 7. a, b. Pesaje de alimento para los peces. Fuente: Autor, (2020).	22
Figura 8. Mezcla homogénea de materias primas para la elaboración del concentrado. Fuente: Autor, (2020).	23
Figura 9. Proceso de molienda en la elaboración del concentrado. Fuente: Autor, (2020).	24
Figura 10. Pellets en el horno en proceso de secado. Fuente: Autor, (2020).	24
Figura 11. Temperaturas promedio de los tanques por semana durante la investigación. Fuente: Autor, (2020).	28
Figura 12. Pesos promedio en los diferentes pesajes durante la investigación. Fuente: Autor, (2020).	31
Figura 13. Sobrevivencia (%) de juveniles de (<i>Prochilodus reticulatus</i>), a 60 días de experimento. Fuente: Autor, (2020).	33

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica del bocachico	13
Tabla 2. Parámetros de calidad de agua para el cultivo de bocachico	16
Tabla 3. Formulación y composición nutricional calculado de las dietas experimentales	25
Tabla 4. Características fisicoquímicas evaluadas en el agua: Temperatura(T), pH del agua; Oxígeno Disuelto (OD), Alcalinidad y Dureza, durante los 60 días de la investigación	29
Tabla 5. Análisis factorial para la variable contenido de oxígeno en los tanques	30
Tabla 6. Variables de Desempeño Productivo. Ganancia de Peso (GP), Conversión alimenticia (CA), Tasa de eficiencia proteica (TEP), Tasa específica de crecimiento (TEC), sobrevivencia, en juveniles de bocachico (<i>Prochilodus reticulatus</i>), bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.	32
Tabla 7. Análisis factorial de variables de desempeño productivo. Ganancia de Peso (GP), Conversión alimenticia (CA), Tasa de eficiencia proteica (TEP), Tasa específica de crecimiento (TEC), sobrevivencia, en juveniles de bocachico (<i>Prochilodus reticulatus</i>), bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.	33
Tabla 8. Análisis factorial y prueba no paramétrica U de Mann-Whitney usando log de Y. Los promedios se reportan en porcentaje.	34

ANEXOS

	Pág.
Anexo.1. Resultados análisis de Proteína Kjeldahl a los concentrados utilizados en la investigación	52
Anexo 2. Cálculo de cantidades de alimento, para determinar conversión alimenticia (CA).	53

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos niveles de proteína cruda (25 y 28%) y dos densidades de siembra 0,06 y 0,12 juveniles/(litro), en Bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*) en condiciones de laboratorio en las variables de desempeño productivo: Ganancia de peso (GP), Conversión alimenticia CA, Tasa específica de crecimiento (TEC), Tasa de eficiencia proteica (TEP) y en la sobrevivencia. Fueron utilizados 360 juveniles con un peso inicial de $0,524 \pm 0,33$ g. los cuales se alimentaron durante 60 días, distribuidos en 16 tanques circulares de 250 litros con filtro individual y oxigenación por medio de un sistema de Blower. Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron en las condiciones recomendadas para el cultivo de la especie. Se alimentaron tres veces al día con un 5.5% de la biomasa.

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, en un arreglo factorial 2 X 2, (dos niveles de proteína 25 y 28%) con dos densidades de (0,06 y 0,12 juveniles /litro), ello representó 15 y 30 juveniles por tanque. Cada tratamiento tuvo cuatro réplicas (n=4), para un total de 16 unidades experimentales. Se presentaron diferencias significativas respecto a la densidad menor de 0,06 juveniles/litro en comparación con la densidad de 0,12 juveniles/litro, en las variables: ganancia de peso (GP), Tasa específica de crecimiento (TEC), Tasa de eficiencia proteica (TEP) y sobrevivencia (S), concluyendo que los juveniles tuvieron un mejor desempeño en la menor densidad de siembra usada. El nivel de proteína en las dietas suministradas, (25% y 28%), isoenergéticas e isofibrosas, a los juveniles de *P. reticulatus*, no presentó un efecto diferencial en cuanto a las variables de desempeño productivo y la sobrevivencia.

1. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estos últimos años se han acrecentado las amenazas a la biodiversidad colombiana, pero de manera especial los peces dulceacuícolas se están viendo seriamente amenazados debido principalmente a la contaminación de las fuentes hídricas, a la deforestación, a la sobreexplotación pesquera y a la disminución de los caudales de los ríos. Es así como para las cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco y Amazonas, se registran signos claros y preocupantes de una fuerte declinación en sus pesquerías; la cuenca Magdalena, registra un descenso cercano al 90% de las capturas en el lapso de los últimos 40 años, pasando de 80.000 toneladas anuales en la década de 1970 a menos de 10.000 a finales del siglo pasado. Galvis y Mojica 2007; Gutiérrez et al. (2011a); la cuenca Orinoco con una disminución cercana al 85% en los desembarcos pesqueros pasando de 7000 toneladas en 1997 a menos de 1000 toneladas en 2009 (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011a) y la del río Putumayo con un descenso cercano al 80%, al pasar de 250 toneladas en 1992 a menos de 50 en el 2009, Agudelo *et al.*, (2011a).

Los diversos ríos de Norte de Santander, no escapan de estas amenazas y está ocurriendo un grave deterioro ambiental, de una parte, la cuenca del Catatumbo, ha sido afectada en su porción media y alta, por los derrames de crudo debido a atentados al Oleoducto Caño Limón – Coveñas, y por otro lado una fuerte deforestación para la extracción de maderas y el establecimiento de una agricultura y ganadería de sustento, junto con cultivos de coca y amapola. Mojica, *et al.*, (2012). Todo esto constituye un factor de riesgo adicional por deterioro ambiental para el Bocachico y las demás especies ícticas de la cuenca.

La sobrepesca y la captura de peces sin haber alcanzado la talla media de madurez es una gran amenaza a nuestros recursos ictiológicos, un ejemplo de esto es: la exhibición y venta de panches *Hypostomus plecostomus* en la vía al casco urbano del municipio del Zulia, pequeños especímenes que no alcanzan ni los 15 cm, cuando este alcanza una longitud promedio de 40 cm.

Las especies conocidas en la cuenca por los pescadores son el bocachico *Prochilodus reticulatus*, el capitanejo *Prochilodus quelen*, el pámpano *Mylossoma acanthogaster*, Manamana *Potamorhina laticeps*, malarmo *Platysilurus malarmo* y la pileta *Loricaria magdalенаe*, estas son algunas de las especies más conocidas que están siendo amenazadas y que han menguado en número de población en el caudal principal del Río Zulia.

Estas amenazas al recurso hídrico como la contaminación, la disminución de los caudales de los ríos, quebradas y caños, la deforestación, la sobrepesca, y la minería han tenido una fuerte afectación de las poblaciones de las diferentes especies de peces, con las que las familias de pescadores en la región, se beneficiaban y la comunidad en la zona rural, para abastecerse de pescado como una fuente alta de proteína, y sus beneficios para la salud por el excelente perfil nutricional. Además de ser una fuente de ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales. Han hecho, que la región busque reemplazar este abastecimiento de pescados nativos por peces comerciales y foráneos, como la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapias, como la tilapia plateada (*Oreochromys niloticus*) y la tilapia roja (*Oreochromys spp*), entre otras especies.

Otro problema que se registra es el alto nivel de proteína que se maneja en las dietas de la mayoría de las especies en los sistemas acuícolas. Abimorad *et al.*, (2009), lo que ocasiona altos costos al productor además de la contaminación de los cuerpos de agua por los desechos nitrogenados, como lo afirman Salhi *et al.* (2004) y Abdel-Tawwab y Ahmad (2009), ocasionando de esta manera eutroficación y daños ambientales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El Bocachico del Catatumbo, (*Prochilodus reticulatus*), es la especie de mayor valor comercial en el Catatumbo, aportando más del 40% de la pesca de la cuenca. Galvis, *et al.*, (2007), pero en la actualidad, los grandes descensos en la producción pesquera de los ríos del departamento, han generado una alerta en la comunidad de pescadores de la región, que dependen económicamente de esta actividad para el sustento de sus familias, por lo cual desde

las universidades de la región, deben surgir alternativas, que permitan establecer paquetes tecnológicos con esta especie regionales poco estudiadas y que puedan brindar a la comunidad rural desde la piscicultura una alternativa económica importante que compense las bajas cifras en las capturas de los ríos, con las cosechas sostenibles de la piscicultura continental.

En los últimos años, los investigadores se han centrado en buscar dietas preferiblemente a base de materias primas convencionales y no convencionales. Miranda-Gelvez y Guerrero-Alvarado (2015); Ibarra, *et al.*, (2018). que busquen maximizar el crecimiento y la utilización de la proteína. Twibell *et al.* (2003); Furuya *et al.*, (2004) con el fin de elaborar concentrados económicos y que no afecten la estructura de costos de estas explotaciones y la implementación de estos modelos de producción por parte de pescadores.

Hambre cero (brindar alternativas de proteína animal para autoconsumo en las regiones de influencia de la especie), salud y bienestar, (carne de pescado de importante calidad nutricional), producción y consumo responsable de la mano con Vida submarina, son algunos de los objetivos de la sostenibilidad de la FAO a 2030, que se le apunta con estas investigaciones, las cuales, llevadas a cabo con especies nativas en diferentes áreas sean de manejo, nutrición, reproducción, buscan fortalecer el sector piscícola en la región, y brindar alternativas de producción y de preservación de estas especies que han sido afectadas por las actividades antropogénicas y que de continuar así de manera insostenible, están condenadas a desaparecer y con ello el sustento de muchas personas que dependen de la pesca en la región.

La presente investigación, buscó generar una importante información relacionada a la implementación de diferentes niveles de proteína y el manejo de la densidad de individuos en etapas iniciales de vida del bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*) con el fin de conocer algunos parámetros de producción bajo condiciones de laboratorio que pueden ser consideradas para su crianza en estanques en tierra, modelo usual de manejo en la región por parte de algunos productores piscícolas que utilizan estas especies para un mejor aprovechamiento de la columna de agua .

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar en juveniles de bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*) el rendimiento productivo y la sobrevivencia en condiciones de laboratorio alimentados con dos niveles de proteína cruda (25 y 28%) bajo dos densidades de siembra (0,06 y 0,12 juveniles/litro).

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de dos niveles de proteína en la dieta para juveniles sobre el desempeño productivo (Ganancia de peso GP (g), Conversión alimenticia CA (g/g), Tasa específica de crecimiento TEC (%/día), Tasa de eficiencia proteica TEP (g/g), en juveniles de *P. reticulatus*.

Determinar la densidad adecuada de juveniles acorde al efecto de las dos dietas sobre el desempeño productivo (Ganancia de peso GP (g), Conversión alimenticia CA (g/g), Tasa específica de crecimiento TEC (%/día), Tasa de eficiencia proteica TEP (g/g) en juveniles de *P. reticulatus*.

Evaluar el efecto de dos niveles de proteína y dos densidades sobre la sobrevivencia de juveniles de *P. reticulatus*

2.MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*)

Descripción: Es un pez de boca pequeña, con labios carnosos en forma de disco más o menos protráctil y en ellos dientes pequeños y numerosos. La aleta caudal está profundamente furcada, con el lóbulo superior un poco más largo y punteado que el inferior. Sus escamas son rugosas y ásperas al tacto, con 42 o 43 escamas perforadas en la línea lateral. Como sus demás congéneres posee una espina delante de aleta la dorsal. Posee una coloración plateada uniforme, algo más oscura hacia el dorso, crece hasta los 35 cm de LE.

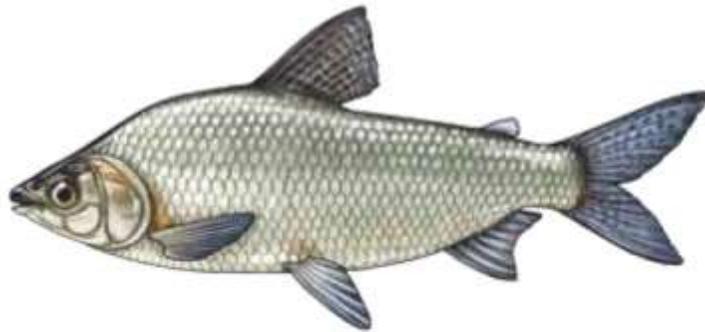


Figura 1. Bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*). Fuente: Mojica, et al, (2012).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del bocachico

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Prochilodontidae
Género	<i>Prochilodus</i>
Especie	<i>P. reticulatus</i>

Fuente: Valenciennes (1850). Citado Mojica, *et al*, (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia.

Distribución geográfica: *Países:* Colombia y Venezuela; *Cuencas en Colombia:* Caribe (Mojica *et al.*, 2012); *Subcuencas:* se encuentra sólo en las cuencas de los ríos Catatumbo y Ranchería.



Figura No. 2. Cuencas de los ríos Ranchería y Catatumbo, lugares donde habita el Bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*) Fuente: Mojica *et al.*, (2012)

En el Catatumbo habita en toda la cuenca desde el Lago de Maracaibo y ciénagas adyacentes de la parte baja, hasta los 1000 m s.n.m. En época de aguas bajas remonta el río Catatumbo y demás tributarios como los ríos, Tibú, Tarra, San Miguel, río de Oro, Sardinata, Nuevo Presidente y Zulia, hasta aproximadamente los 1000 m s.n.m. En la cuenca del río Ranchería la especie presenta un amplio rango de distribución, desde la parte alta en El Cercado, hasta la parte baja en Riito muy cerca de la desembocadura del río al mar. A pesar de esta amplia distribución, muestra preferencia por lugares con menor velocidad de corriente, en las zonas media y baja de la cuenca. Mojica *et al.*, (2012)

Población y uso: Para la cuenca Catatumbo era la especie de mayor contribución a las capturas totales, según los monitoreos realizados entre 1989 y 1995 por la Asociación Cravo Norte (ECOPETROL 1996). Sin embargo, en la actualidad su aporte ha disminuido. Los datos disponibles indican lo siguiente: 335 kg (2007), 104 kg (2007), 443 kg (2009) y 154 kg (2010) (Ortega-Lara et al. datos no publicados). En el Ranchería también es la especie de mayor aporte a las capturas de la pesca de consumo Unión Temporal Guajira (2003), Mojica *et al.*, (2006b).

Ecología: La especie presenta comportamiento migratorio en aguas bajas y remonta el río, época en que ocurre la maduración de gónadas. De acuerdo con los pescadores de la región su reproduce en la parte baja de la cuenca, coincidente con el retorno de los migrantes al inicio de las aguas altas. Aún se conocen plenamente las zonas de desove.

El ciclo de vida del bocachico del Catatumbo está relacionado con el ciclo hidrológico anual de lluvias y sequía. Durante los meses de aguas altas habita en las ciénagas del valle aluvial, incluida gran parte del Lago de Maracaibo cuyas aguas son dulces en casi las dos terceras partes de su extensión. Las planicies inundadas de la cuenca baja son los lugares de alimentación y engorde de los adultos y las crías. El retorno a las ciénagas luego de la migración de los meses secos, coincide con el desove, que ocurre en los ríos y las aguas de desborde se encargan de introducir a los juveniles a las zonas de inundación.

En cuanto a la alimentación de esta especie, Morales y Lasso (2011), reportaron que, en su hábitat natural, es un pez principalmente detritívoro, mientras permanece en las ciénagas, ya que cuando migra a los ríos se alimenta exclusivamente de perifiton, siendo las planicies inundadas de la cuenca baja, los lugares de alimentación y engorde de los adultos y las crías. Sin embargo, para el caso del manejo bajo condiciones de cultivo, Millán (2003), publicó que los adultos de bocachico se alimentan en el fondo del estanque, donde consumen diatomeas, otras algas y detritos, principalmente en la mañana, entre las 8:00 y las 10:00 a.m.

Migraciones: La especie realiza migraciones medianas Usma *et al.*, (2009). Durante los meses de sequía, entre diciembre y marzo, migra y permanece hacia la parte media y alta de los ríos, hasta donde los cambios en la pendiente restringen su ascenso, aproximadamente a los 1000 m.s.n.m. En los meses de abril o mayo retorna a las ciénagas con las inundaciones.

Manejo comercial: Comercialmente, el bocachico es una de las especies más apetecidas por la gastronomía colombiana y su cultivo presenta muchas ventajas, ya que resulta ser sencillo por sus hábitos bentófagos; lo hacen ideal para establecerlo en policultivo, con especies como la tilapia plateada (*Oreochromys niloticus*) y la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). No obstante, Millán (2003), aseguró que la cría de esta especie da buenos resultados en monocultivo con rendimientos hasta de 4,7 toneladas por hectárea al año, en estanques con buena fertilización y una densidad de 1 pez/m². En la Tabla 2, se muestran los parámetros de calidad de agua recomendados por la empresa Agua Verde Acuicultura, para el cultivo del bocachico (*Prochilodus sp.*).

Tabla 2. Parámetros de calidad de agua para el cultivo de bocachico

PARÁMETRO	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	24,0	30,0
Oxígeno disuelto (O ₂ mg/L)	4,0	7,0
Alcalinidad (CaCO ₃ mg/L)	80,0	250,0
Dureza (CaCO ₃ mg/L)	60,0	150,0
pH	6,0	8,5
Amonio total (NH ₄ +NH ₃ mg/L)	0,0	1,0
Nitritos (NO ₂ mg/L)	0,0	0,05
Dióxido de Carbono (CO ₂ mg/L)	0,0	20,0

Fuente: Sitio web oficial Agua Verde Acuicultura (s.f).

Estudio de la especie: En Colombia se ha desarrollado trabajos especialmente en la especie *Prochilodus magdalenae*, Atencio *et al.*, (2003); Jaramillo-Villa, y Jiménez-Segura, (2008). por la gran importancia económica que representa para el país, en sus mejores momentos, antes de la declinación en sus capturas, produjo cerca del 50% de la pesca total de la cuenca, con cerca de 40.000 toneladas anuales. Valderrama *et al.*, (1993b). Su situación es alarmante, pues se estima que el volumen de capturas ha descendido en un 90% en los últimos años. A diferencia de la especie *P. magdalenae*, la especie *P. reticulatus*, ha sido muy poco estudiada; en los últimos años, se han llevado a cabo estudios, respecto a su biología, nutrición y comportamiento migratorio. ECOPETROL, (1996); Mojica *et al.*, (2012); León Y., (2017), sin embargo, existen aún grandes vacíos de información relativos a la especie.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Algunos términos de relevancia en la presente investigación son:

Especie endémica. Endemismo, es un término utilizado en biología, para indicar que la distribución de un taxón está limitada a un ámbito geográfico reducido y que no se encuentra de

forma natural en ninguna otra parte del mundo. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de cierta región, significa que solo es posible encontrarla de forma natural en ese lugar. Mojica, et al, (2012)

Cuenca: Es un sistema integrado e interconectado que se fundamenta en las relaciones existentes entre los usos y usuarios del recurso agua, donde se generan altos grados de coexistencia e interdependencia. POMCH 2009-2010.

Proteína Bruta: Es una determinación del análisis químico proximal, que hace relación al porcentaje de proteína que contiene un alimento; el método de Kjeldahl (para determinar la proteína cruda) se basa en medir el contenido en nitrógeno de una muestra, que suele ser el contenido de proteína dentro de la misma.

Conversión alimenticia: Este es un indicador de cuánto alimento consume un pez para producir cierta cantidad de carne. Este es un valor que entre más cercano a 1 (uno) se encuentre es mejor para el productor.

3.DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación desarrollada fue de tipo cuantitativo experimental (estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador) Hernández, *et al.*, (2010); se utilizó un modelo estadístico, con el fin de mirar el efecto de dos dietas y dos densidades en un grupo de individuos de Bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*), en su desempeño productivo.

El experimento se llevó a cabo, en el laboratorio de Nutrición de Peces del Centro de Investigaciones Agrarias y Ambientales de la Universidad Francisco de Paula Santander, ubicado en el Municipio de Los Patios, Departamento de Norte de Santander, Colombia.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

El total de juveniles de bocachico que se utilizó fue de 500 juveniles en la etapa pre experimental y posteriormente 360 en la etapa experimental. Los juveniles se obtuvieron de la Piscícola Los Tanques del municipio de San Cayetano, lugar que cuenta con los certificados solicitados por parte de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, AUNAP, en la genética de los reproductores que se manejan allí. (Ver Figura 3).



Figura 3. Alevinos previos a su periodo pre experimental. Fuente: Autor, (2020).

3.3 ETAPA PRE-EXPERIMENTAL

Se sometieron inicialmente 500 juveniles a las condiciones de laboratorio de Nutrición de peces, de la Universidad Francisco de Paula Santander, por 8 días, con el fin de revisar su adaptación a las condiciones del agua y la sobrevivencia inicial, luego de este tiempo, se seleccionaron 360 alevinos con pesos homogéneos para el inicio del experimento.

Para el recibimiento de los juveniles de *P. reticulatus*, se llenaron 3 tanques plásticos de 250 Litros (Ver Figura 4) con agua proveniente del acueducto (Municipio de Los Patios) y se les adicionó sal común (0,5 g/L). La etapa de acostumbramiento tuvo una duración de 8 días, tiempo durante el cual los peces fueron alimentados ad libitum con salvado de arroz y concentrado comercial Mojarra 40® molido, todos los días, cuatro veces al día (8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas).



Figura. 4. Tanques experimentales, previo al comienzo del experimento. Fuente: Autor, (2020)

3.4 FASE EXPERIMENTAL

Se distribuyeron al azar 360 alevinos un peso inicial de $0,524 \pm 0,33$, a una densidad de 0,06 y 0,12 juveniles/litro, (15 y 30 alevinos) según los tratamientos establecidos en tanques con

capacidad de 250 litros. Cuatro (4) tanques se utilizaron con 15 individuos con el concentrado cuya proteína fue de 25%, cuatro tanques con 30 individuos, con proteína 28%, cuatro tanques de 15 individuos con proteína 25% y cuatro tanques con 30 individuos, con proteína 28%, para un total de 16 tanques, correspondiendo cada tanque a una repetición (Ver distribución de los tanques, figura 5). Los tratamientos con sus diferentes repeticiones, fueron asignadas de manera aleatoria, realizando la numeración de los tanques y la marcación del tratamiento con diferentes colores (Ver figuras 6). Cada tanque estuvo equipado con un sistema de aireación compuesto con una manguera con piedra difusora, conectada a un sistema de oxigenación Blower y su correspondiente filtro biológico, al igual que una malla, para evitar que los peces saltaran y murieran. Se mantuvo un fotoperiodo natural de (12 horas luz, 12 horas oscuridad) por el tiempo de duración del experimento (60 días).

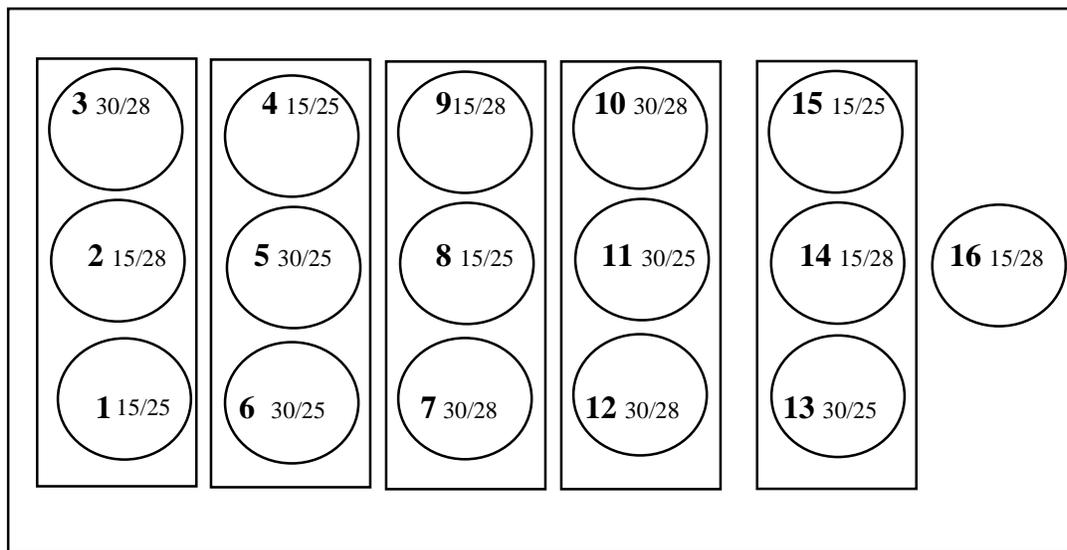


Figura 5. Plano de distribución de los tanques en el laboratorio. Fuente: Autor, (2020).

Durante el experimento, se midieron los siguientes parámetros físicoquímicos del agua: diariamente se medía la temperatura en la mañana y en la tarde (medida con termómetro digital, marca BRIXCO, Modelo: 5077); se midió semanalmente el pH mediante pHmetro Hanna®, el oxígeno disuelto (O₂ mg/L), mediante oxímetro Milwaukee, MW600, la dureza total (CaCO₃ mg/L), la alcalinidad (CaCO₃ mg/L) con medidores LaMotte® Alkalinity P&Ty Total Hardness y las características Amonio (ppm), Nitratos (ppm) y Nitritos (ppm), utilizando el Freshwater

master test kit marca Api®.



Figura.6. Tanques experimentales en funcionamiento. (sistema de aireación y filtros). Fuente: Autor, (2020).

Esta etapa tuvo una duración de 60 días, se realizaba recambio de agua del 50% por semana, se sifoneaba en la medida que se vieran desperdicios en el fondo de los tanques, generalmente tres veces a la semana, para evitar el estrés de los animales y se lavaban los filtros en los tanques cada dos semana, ello con el fin de evitar concentraciones de amonio y nitritos. Para ir mirando el efecto de los tratamientos, las diferentes repeticiones (escogidas al azar) se midieron una vez al mes.

La cantidad de alimento suministrado, se calculó, teniendo en cuenta el 5,5% de la biomasa; el pesaje del alimento se realizaba con balanza electrónica (Ver figura 7). Durante esta etapa la alimentación de los animales se llevó a cabo tres veces al día: (8:00 a.m., 12:00 m. y 16:00 p.m.), de acuerdo a González y Wills, (2009), León, (2017).



a.

b.

Figura.7. a, b. Pesaje de alimento para los peces. Fuente: Autor, (2020).

3.5 ELABORACIÓN DEL CONCENTRADO

Para la elaboración de los dos tipos de concentrados utilizados en la investigación: 25% de proteína y 28%, los ingredientes mayores (Harina de soya, Salvado de trigo, Harina de Maíz y Harina de Arroz) todas materias primas de origen vegetal, fueron pesados individualmente de acuerdo a la formulación, adicionados en seco y mezclados en un recipiente plástico (Ver figura 8); luego, en otro recipiente, se mezclaron los ingrediente menores (Núcleo vitamínico mineral, Aglutinante, Antioxidante y antifúngico). La formulación de las raciones usadas, fue elaborada a través de una hoja de cálculo de Excel®, mediante el método de tanteo, un método de los más empleados para balancear raciones debido, básicamente a su facilidad en el planteamiento y operación. Finalmente, se juntaron todos los ingredientes, incluido el aceite de maíz, y, agregando 450 mL de agua en cada dieta, se consiguió una mezcla que se homogeneizó pasándola tres veces por un molino para carne marca CI-TALSA referencia M-22 R-2. (Ver figura 9.)



Figura 8. Mezcla homogénea de materias primas para la elaboración del concentrado. Fuente: Autor, (2020).



Figura 9. Proceso de molienda en la elaboración del concentrado. Fuente: Autor, (2020)

Los pellets obtenidos fueron distribuidos en bandejas de aluminio, para el secado a temperatura ambiente; posteriormente, fueron llevados al horno a 105°C durante 4 horas, aproximadamente (Ver figura 10). Las dietas resultantes del secado en el horno, fueron molidas

y, por último, almacenadas en frascos plásticos rotulados y guardados en un lugar limpio, seco y fresco, en el Laboratorio de Peces Ornamentales.



Figura 10. Pellets en el horno en proceso de secado. Fuente: Autor, (2020)

Tabla 3. Formulación y composición nutricional analizada de las dietas experimentales.

<i>% Inclusión ingrediente</i>	Porcentaje (%) de proteína	
	25	28
Harina de soya	38,30	50,00
Salvado de trigo	26,30	20,00
Harina de maíz	25,40	20,00
Harina de arroz	6,00	6,00
Carbonato de Calcio	1,80	1,70
Núcleo vitamínico -mineral	0,92	0,92
Aceite de maíz	0,80	0,90
Aglutinante	0,35	0,35
Antioxidante	0,05	0,05
Antifúngico	0,08	0,08
<i>Composición nutricional analizada</i>		
% Materia Seca (% MS) ¹	93,27	92,37
% Proteína Cruda (% PC) ⁵	25,59	27,98

% Extracto Etéreo (% EE) ¹	7,32	6,64
% Fibra Cruda (% FB) ¹	2,08	2,17
% Cenizas (% Cz) ¹	5,02	6,01
% Extracto No Nitrogenado ³	53,26	49,57
% Carbohidratos totales ⁴	55,34	51,74
% Calcio ²	0,82	0,80
% Fósforo ²	0,63	0,62
Energía Bruta (Kcal/Kg) ²	4.408	4.334
Relación Energía: Proteína (Kcal/gPC)	172	155

Fuente: Autor, (2020).

1. Analizado en laboratorio mediante el método de Weende. Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Francisco de Paula Santander
2. Calculada matemáticamente con base al aporte energético de los ingredientes
3. % Extracto No Nitrogenado (ENN) = %MS – (%PC + %EE + %FC + %Cz)
4. % Carbohidratos totales = %ENN + %FC
5. Resultados obtenidos con análisis de Kjendahl. Laboratorio Nutriánálisis Ltda. (Ver anexo 2)

3.6. ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO

Las variables que se utilizaron para evaluar el desempeño productivo de los juveniles de *P. reticulatus* fueron las siguientes:

- **Ganancia de peso GP (g)** = Peso final (g) – Peso inicial (g)
- **Conversión alimenticia CA (g/g)** = Consumo de alimento individual (g/pez) / Ganancia de peso (g)
- **Tasa específica de crecimiento TEC (%/día)** = $100 (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial} / \text{ periodo de alimentación (días)}, \text{ donde } \ln = \text{logaritmo natural}$
- **Tasa de eficiencia proteica TEP (g/g)** = Ganancia de peso (g) / (consumo) X (% proteína) (g)
- **Tasa de sobrevivencia (%)** = $100 - (((\# \text{ Peces iniciales} - \# \text{ Peces finales}) / \# \text{ peces iniciales}) \times 100)$ Los porcentajes de sobrevivencia serán previamente transformados en: $\arcsen \sqrt{x} / 100$

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, en un arreglo factorial 2 X 2, (dos niveles de proteína 25 y 28%) con dos densidades de (0,06 y 0,12 juveniles /litro), ello representa 15 y 30 juveniles por tanque circular de 250 litros. Cada tratamiento tuvo cuatro réplicas (n=4), para un total de 16 unidades experimentales. Para la realización de los procedimientos estadísticos se usó el programa estadístico SPSS.

El modelo lineal utilizado será: $Y_{ij} = \mu + D_s + P_C + (D_s * P_C) + b(P_i) + e_{ij}$

Donde:

μ = Promedio poblacional

D_s = Densidad por (0,06 y 0,12 juveniles /litro)

P_c = Niveles de Proteína Cruda 25 y 28%

$(D_S * P_C)$ = Interacción

$b(P_i)$ =Efecto del peso inicial

e_{ij} = Error experimental

Teniendo como supuestos: los errores tienen una distribución normal e independiente con media cero y varianza s^2 .

Bajo las Hipótesis

H_o = Todos los tratamientos son iguales

H_i = Al menos uno es diferente.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA

Con el objetivo de hacer un seguimiento al comportamiento y a la sobrevivencia de los bocachicos a lo largo de la investigación se realizó de manera constante la medición de las características fisicoquímicas del agua en los diferentes tanques. Se hizo la medición de la temperatura en la mañana y en la tarde, la temperatura promedio de los tanques tomada en las horas de la mañana fue de $28,5\pm 0,13$ °C y en las horas de la tarde en $28,7\pm 0,11$ °C, para una temperatura promedio al día de $28,6$ °C.

Las mayores temperaturas se presentaron para la primera semana de la investigación con $29,79$ °C y las menores temperaturas con un promedio de $27,56$ °C en la quinta semana de la investigación (Ver figura 11).

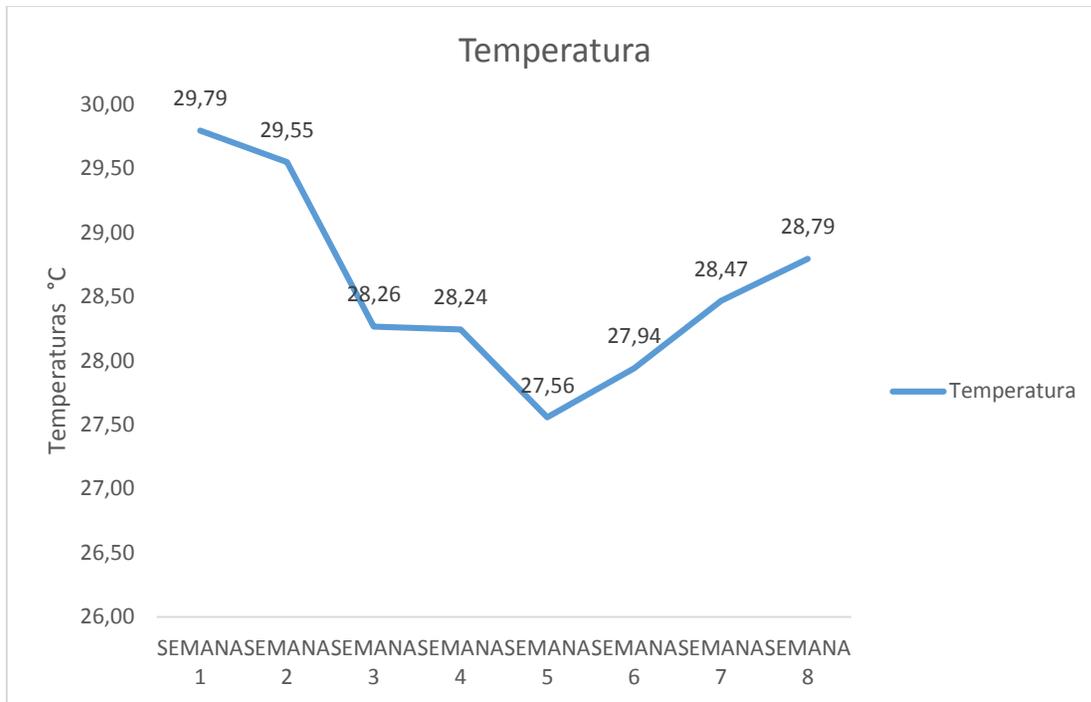


Figura 11. Temperaturas promedio de los tanques por semana durante la investigación. Fuente: Autor, (2020).

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos restantes fueron: pH del agua: $7,03 \pm 0,25$; dureza: $146,87 \pm 4,78$ mg/L de CaCO_3 ; alcalinidad: $101,87 \pm 6,55$ mg/L de CaCO_3 . Amonio total, nitritos y nitratos medidos antes de sifonear los tanques se mantuvieron en 0,0 mg/L.

4.1.1. Análisis estadístico a las características fisicoquímicas del agua en los diferentes tanques.

Los parámetros evaluados en el agua no presentaron diferencias significativas entre grupos, sin embargo, con un alfa de 10%, el nivel de oxígeno tiende a ser menor en el grupo manejado con 0,12 juveniles/Litro y una dieta de 28%, respecto a los otros grupos (Tabla 4) en los diferentes tanques.

Tabla 4. Características fisicoquímicas evaluadas en el agua: Temperatura(T), pH del agua; Oxígeno Disuelto (OD), Alcalinidad y Dureza, durante los 60 días de la investigación.

Parámetros de calidad de agua	Tratamientos			
	0,06 juveniles/Litro con 25% de P.	0,06 juveniles/Litro con 28% de P.	0,12 juveniles/Litro con 25% de P.	0,12 juveniles/Litro con 28% de P.
T(°C)	28,61 ± 0,07 a CV: 0.50%	28,64 ± 0,06 a CV: 0.40%	28,74 ± 0.02 a CV: 0.13%	28,61 ± 0,06 a CV: 0.40%
pH	6,90 ± 0.13 a CV: 3.74%	6,98 ± 0.05 a CV: 1.37%	7,18 ± 0.18 a CV: 5.01%	7,13 ± 0.09 a CV: 2.66%
OD (mg/L)	8,13 ± 0.05 a CV: 1.18%	8,05 ± 0.03 ab CV: 0.72%	8,13 ± 0.05 a CV: 1.18%	7,98 ± 0.05 b CV: 1.20%
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	102,50 ± 2.50 a CV: 4.88%	105,00 ± 2.89 a CV: 5.50%	105,00 ± 2.89 a CV: 5.50%	95,00 ± 2.89 a CV: 6.08%
Dureza (mg/L CaCO ₃)	147,50 ± 2.50 a CV: 3.39%	147,50 ± 2.50 a CV: 3.39%	145,00 ± 2.89 a CV: 3.98%	147,50 ± 2.50 a CV: 3.39%

Fuente: Autor, (2020).

Se reporta promedio ± Error estándar. Letras iguales en la misma fila indican homogeneidad entre grupos; letras diferentes heterogeneidades. Las diferencias en nivel de oxígeno se identifican con un alfa de 0.10; en el restante de casos un alfa de 0.05.

El análisis estadístico por factores permitió confirmar diferencias significativas en el nivel oxígeno, determinándose menor contenido de oxígeno en los tanques con mayor número de juveniles por litro de agua. (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis factorial para la variable contenido de Oxígeno Disuelto (OD), en los tanques.

Variable	Densidad de siembra		Nivel de proteína	
	0,06 juveniles /Litro	0,12 juveniles /Litro	25%	28%
OD	8.09 ± 0.03 a CV: 1.03%	8.05 ± 0.04 b CV: 1.48%	8.13 ± 0.03 a CV: 1.09%	8.01 ± 0.03 a CV: 1.04%

Fuente: Autor, (2020).

Se reporta promedio ± Error estándar. Letras iguales entre los niveles del mismo factor indican homogeneidad; letras diferentes heterogeneidades. Alfa de 0.05

4.2 VARIABLES DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO

Los pesajes se realizaron cada 15 días con el fin de evitar el estrés en los juveniles que pudiera originar mortalidad luego del manejo realizado. El peso inicial de los individuos, fue de $0,524 \pm 0,33$ g., luego de la fase pre experimental; como puede apreciarse en la figura 12, el tratamiento 1 (Densidad 15/ concentrado 25%) logró mayores pesos para los pesajes 2 y 3 con un valor $0,975 \pm 0,54$ g; $1,101 \pm 0,50$ g, respectivamente, sin embargo presentó un leve descenso frente al tratamiento 2, (Densidad 15/Concentrado 28%) para el cuarto pesaje y terminó levemente por debajo del mismo tratamiento el último pesaje, $1,387 \pm 0,90$ g. frente al tratamiento 2 con un peso final de $1,420 \pm 1,05$ g.

Por debajo se encontraron los tratamientos 3 y 4 cuya densidad fue de 0,12 juveniles/L. de agua, lo que representó 30 juveniles por tanque, el peso promedio de los juveniles del tratamiento 3 para el segundo pesaje fue de $0,658 \pm 0,52$ g., frente al tratamiento 4 con un peso de $0,470 \pm 0,23$ g. peso que aumentó por encima del tratamiento 3, para el tercer pesaje, siendo de $0,813 \pm 0,67$ g., quedando por encima del tratamiento 3 con un peso de $0,529 \pm 0,2$ g.; sin embargo en el peso final, la diferencia fue muy poca del tratamiento 4 respecto al tratamiento 3 de $0,955 \pm 0,56$ g., frente a $0,926 \pm 0,70$ g. (Ver figura 12)

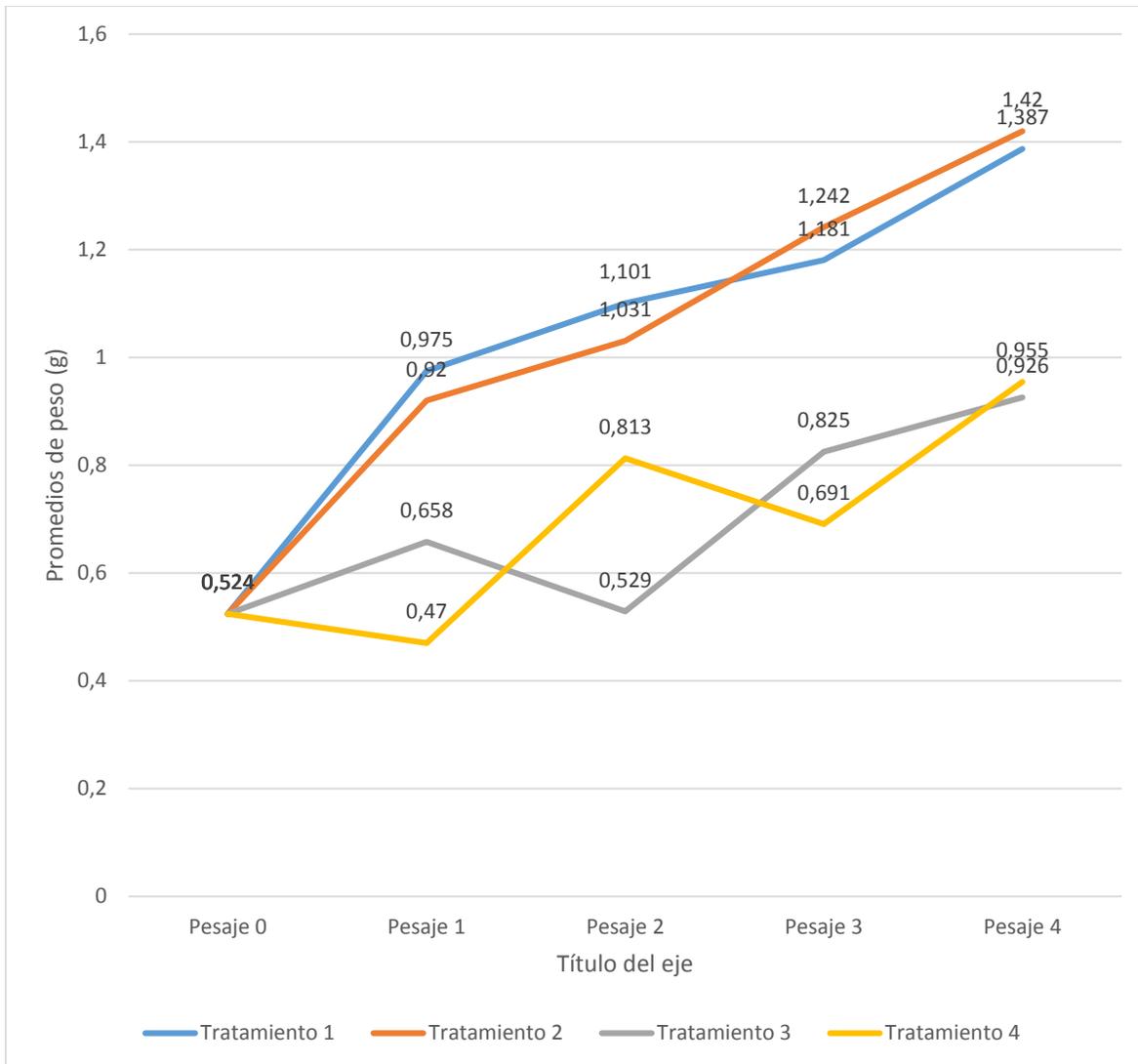


Figura 12. Pesos promedio en los diferentes pesajes durante la investigación. Fuente: Autor, (2020).

Tratamiento 1 (Densidad 15/concentrado 25%)
 Tratamiento 2 (Densidad 15/concentrado 28%)
 Tratamiento 3 (Densidad 30/concentrado 25%)
 Tratamiento 4 (Densidad 30/concentrado 28%)

4.2.1 Análisis Estadístico Variables de desempeño productivo

El modelo factorial indicó un ajuste (R^2 ajustado) del 67% para explicar la GP. La TEP presentó un buen ajuste con 82%, sin embargo, la TEC registró un 64%. Las variables con un menor ajuste la sobrevivencia y la CA con 29, 21 y 13%, entendiéndose que cerca de un 70 a 90% de la

sobrevivencia (S) y la Conversión Alimenticia (CA) es explicado o dependiente de otros factores diferentes a densidad de siembra y el nivel de proteína.

El coeficiente de variación esta medianamente elevado para la Ganancia de Peso (GP), ello está relacionado con el hecho de tomar el peso vivo inicial como un promedio generalizado. Para el restante de variables este coeficiente se registró en un rango aceptado (Tabla 6 y 7). Al analizar las variables según los cuatro grupos de interés (densidad de siembra y nivel de proteína), se determinó que no existen diferencias en la sobrevivencia de los peces y la CA. Para la GP, la Tasa de Eficiencia Proteica (TEP) y la Tasa Específica de Crecimiento (TEC) se marca la diferencia entre los juveniles a baja y alta densidad por L/agua, a favor de una baja densidad. El análisis factorial permitió identificar el factor causal de estas diferencias (Tabla 7). Por lo cual se rechaza la hipótesis $H_0 =$ Todos los tratamientos son iguales y se acepta la hipótesis $H_1 =$ Al menos uno es diferente.

Tabla 6. Variables de Desempeño Productivo. Ganancia de Peso (GP), Conversión alimenticia (CA), Tasa de eficiencia proteica (TEP), Tasa específica de crecimiento (TEC), sobrevivencia, en juveniles de bocachico (*Prochilodus reticulatus*), bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.

Variables de Desempeño Productivo	Tratamientos			
	0,06 juveniles/Litro con 25% de P.	0,06 juveniles/Litro con 28% de P.	0,12 juveniles/Litro con 25% de P.	0,12 juveniles/Litro con 28% de P.
GP(g)	0,83 ± 0,08 a CV: 19,01%	0,81 ± 0,06 a CV: 13,96%	0,39 ± 0,07 b CV: 34,70%	0,45 ± 0,07 b CV: 33,10%
CA	5,28 ± 0,59 a	5,30 ± 0,42 a	8,25 ± 1,95 a	7,00 ± 1,36 a
TEP	0,05 ± 0,01 a	0,05 ± 0,003 a	0,02 ± 0,003 b	0,02 ± 0,03 b
TEC	31,17 ± 6.10 a	29,82 ± 4,37 a	-8.51 ± 7.85 b	-2,56 ± 7,82 b
Sobrevivencia (%)	90,00 ± 5,77 a CV: 12,83%	85,00 ± 1,67 a CV: 3,34%	74,17 ± 3,44 a CV: 9,26%	77,78 ± 7,29 a CV: 16,23%

Fuente: Autor, (2020).

Se reporta promedio ± Error estándar. Letras iguales en la misma fila indican homogeneidad entre grupos; letras diferentes heterogeneidad. Alfa de 0,05

A continuación, se indican los resultados según los niveles de cada factor (Tabla 7), donde se encontraron diferencias significativas en la sobrevivencia de los peces, la GP, TEP y TEC a favor de una baja densidad (0,06 juveniles /Litro), respecto a la CA que fue homogénea según la densidad de siembra.

Tabla 7. Análisis factorial de variables de desempeño productivo. Ganancia de Peso (GP), Conversión alimenticia (CA), Tasa de eficiencia proteica (TEP), Tasa específica de crecimiento (TEC), sobrevivencia, en juveniles de bocachico (*Prochilodus reticulatus*), bajo diferentes densidades de siembra y diferente nivel de proteína bruta en la dieta.

Variables de Desempeño Productivo	Densidad de siembra		Nivel de proteína	
	0,06 juveniles/Litro	0,12 juveniles/Litro	25%	28%
Ganancia de peso (g)	0,82 ± 0,05 a CV: 15,57%	0,42 ± 0,05 b CV: 32,17%	0,61 ± 0,10 a CV: 44,48%	0,63 ± 0,08 a CV: 36,42%
CA	5,29 ± 0,34 a	7,63 ± 1,13 a	6,76 ± 1,10 a	6,15 ± 0,74 a
TEP	0,05 ± 0,003 a	0,02 ± 0,002 b	0,04 ± 0,01 a	0,03 ± 0,01 a
TEC	30,50 ± 3,48 a	-5,53 ± 5,25 b	11,33 ± 8,80 a	13,63 ± 7,39 a
Sobrevivencia (%)	87,50 ± 2,94 a CV: 9,50%	75,71 ± 3,39 b CV: 11,84%	82,08 ± 4,32 a CV: 14,87%	81,91 ± 3,24 a CV: 10,47%

Fuente: Autor, (2020).

Se reporta promedio ± Error estándar. Letras iguales entre los niveles del mismo factor indican homogeneidad; letras diferentes heterogeneidades. Alfa de 0,05.

No se presentaron diferencias significativas a partir de la interacción de los dos factores o el nivel de proteína en la dieta, pero si existieron entre las densidades utilizadas siendo mayor la sobrevivencia para los tratamientos con una menor densidad de siembra de 0,06 juveniles/Litro, frente a la mayor densidad de 0,12 juveniles/Litro. (Ver figura 13)

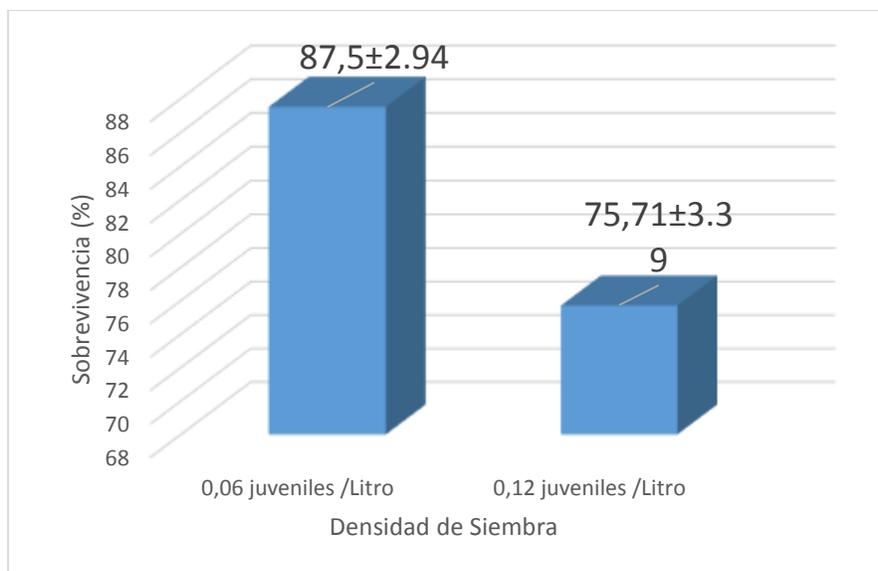


Figura 13. Sobrevivencia (%) de juveniles de (*Prochilodus reticulatus*), a 60 días de experimento. Fuente: Autor, (2020).

Los datos de sobrevivencia se transformaron con arco seno $\sqrt{Y/100}$ y con logaritmo de Y encontrando el mayor ajuste con logaritmo; sin embargo, aun después de eliminar un atípico extremo en el nivel de 0,12 juveniles/Litro y 28% de proteína y aplicar Log (Y) no ajusto normalidad. Se utiliza análisis de varianza factorial y se corroboran los resultados con prueba no paramétrica U de Mann-Whitney; a posteriori se aplicó Duncan al 95%. El análisis se realizó con el dato transformado y los resultados se presentan en la unidad original (en porcentaje).

El modelo factorial ajusto en un 21.3% (R^2) para explicar la sobrevivencia de los peces, entendiéndose que cerca de un 78.7% de la sobrevivencia es explicado o dependiente de otros factores diferentes a densidad de siembra y el nivel de proteína. La prueba paramétrica de análisis de varianza factorial y la no paramétrica U de Mann-Whitney confirmaron diferencias significativas en la sobrevivencia a partir de la densidad de siembra a favor de una baja densidad (0,06 individuos/L). El nivel de proteína no fue significativo para esta variable. No se evidenciaron diferencias a partir de la interacción del factor (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis factorial y prueba no paramétrica U de Mann-Whitney usando log de Y. Los promedios se reportan en porcentaje.

Variable	Densidad de siembra		Nivel de proteína	
	0,06 juveniles/Litro	0,12 juveniles/Litro	25%	28%
Sobrevivencia (%)	87.50 ± 2.94 a CV: 9.50%	75.71 ± 3.39 b CV: 11.84%	82.08 ± 4.32 a CV: 14.87%	81.91 ± 3.24 a CV: 10.47%

Fuente: Autor, (2020).

Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos

La tabla anterior muestra un mayor porcentaje en sobrevivencia de los juveniles mantenidos en una menor densidad (0,06 juveniles/L) o 15 juveniles por tanque siendo de un 87.5% frente a 75.71% de juveniles (0,12 juveniles/L) o 30 juveniles por tanque. El contenido proteico de la dieta utilizada, no tuvo afectación en la sobrevivencia de los juveniles como se pudo apreciar en la tabla 8 resultado del análisis estadístico utilizado.

5. DISCUSIÓN

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA

Teniendo en cuenta las temperaturas observadas en la presente investigación, la figura 11, nos indica, que las mayores temperaturas obtenidas de las mediciones realizadas, fueron de 29,79 °C y las menores temperaturas fueron de 27,56 °C, esta fluctuación de unos pocos grados centígrados, no generó alguna afectación que originara muertes de los animales, pues es bien sabido que el bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*) habita aguas con temperaturas entre los 23,6 y los 30,3 °C como lo afirma (Pimienta *et al.*, 2014) en su libro Peces del Pamplonita; de igual manera, estas temperaturas son similares a los rangos de temperaturas manejados por varios autores en sus investigaciones con otras especies del género *Prochilodus* quienes no mostraron alguna afectación por estas temperaturas; Koberstein y Durigan, (2001), trabajaron con larvas de curimbatá (*Prochilodus scrofa*) en acuarios y reportaron una temperatura de 27,5 a 30,5°C; González y Wills, (2009) evaluaron del desempeño de los alevinos del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) sometidos a dos tipos de dieta con acuarios de 35 litros con temperaturas promedio de $28,0 \pm 2$ °C; en rango muy parecido López y Landines (2005), describieron el desarrollo macroscópico de larvas de *Prochilodus mariae* las cuales fueron mantenidas en incubadoras de flujo ascendente de agua a una temperatura promedio de $27,46 \pm 1,06$ °C.

Respecto al pH del agua, este fue de $7,03 \pm 0,25$, pH menor al reportado por (Koberstein y Durigan, 2001) de 7,6 a 8,3 quienes trabajaron con larvas de curimbatá (*Prochilodus scrofa*) en acuarios. Quintero, (2016), llevó a cabo un trabajo de caracterización reproductiva de la especie *Prochilodus reticulatus* como potencial productivo para la zona del Catatumbo-Norte de Santander, donde la temperatura y el pH fueron medidos diariamente oscilando sus valores entre 26,5 y 29,0 °C y entre 6,0 y 7,1 dichos valores coincidieron con las condiciones manejadas en el laboratorio para el presente experimento de una temperatura de 28,5 °C y un pH de 7,0.

La dureza reportada en el estudio fue de $146,87 \pm 4,78$ mg/L de CaCO₃ y la alcalinidad de $101,87 \pm 6,55$ mg/L de CaCO₃; respecto a la dureza, fue algo mayor a la reportada por Quintero,

(2016) quien presentó valores de dureza en su experimento de 82 y 110 mg/L de CaCO₃ y de alcalinidad de 78 y 109 mg/L CaCO₃. El amonio total, nitritos y nitratos medidos antes de sifonear los tanques se mantuvieron en 0.0 mg/L, lo que fue importante para evitar mortalidades, como lo reportaron Ceballos, *et al.*, (2001), quienes midieron el efecto de dos concentraciones de nitritos sobre el crecimiento y sobrevivencia en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), y concluyeron que juveniles expuestos crónicamente a concentraciones de 0,5 y 2,0 ppm de nitritos, originó una elevada mortalidad los primeros 15 días de exposición, disminuyendo posteriormente, sugiriendo que con el tiempo del experimento los peces sufrieron un cierto grado de adaptación al tóxico.

5.2 VARIABLES DE DESEMPEÑO PRODUCTIVO

En relación a las variables de desempeño productivo, la ganancia de peso (GP), fue mayor en las densidades de 0,06 juveniles/Litro frente a la de 0,12 juveniles/litro (Ver figura 12), lo que coincide con los trabajos realizados por Koberstein y Durigan, (2001). con larvas de (*Prochilodus scrofa*), quienes encontraron mejores rendimientos en cuanto a ganancias de peso y supervivencia en los tratamientos donde se manejó un menor número de larvas por litro, (0,5 larvas/litro) en comparación con 0,75/Litro y 1/Litro y un consumo de proteína de 40%, frente a un 35%. Fuentes y Senhorini (1992) citados por Koberstein y Durigan (2001) evaluaron el efecto de tres densidades de población en el desarrollo de las larvas de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) reportaron mejores resultados para el peso de 1,55g, 0,70g y 0,40g para densidades de almacenamiento de 40, 80 y 160 larvas/m³ respectivamente obteniendo mejores resultados, el menor número de larvas, por espacio.

Estos resultados positivos para las menores densidades, se relacionan con diferentes investigaciones donde se muestra, que el cultivo de bocachicos se caracteriza por manejar bajas densidades, (menores de 1pez/ m²) y el uso de grandes volúmenes de agua. Hahn, C., (2007); García, J. (2011); Graeff, A., (2013); Roa-Lázaro, A. *et al.*, (2017).

Por otro lado, al revisar si la densidad en cultivo tenía alguna afectación sembradas en condiciones artificiales de cultivo, Von y Grajales (2007), investigaron el comportamiento de dos

especies nativas, dorada (*Brycon moorei*) y bocachico (*Prochilodus reticulatus*), en policultivo con tilapia nilótica (*Oreochromys niloticus*), no reportaron diferencias significativas al utilizar en dicho sistema 1 animal por 2,5m² y 1 animal por 5m² en la variable peso final.

Dias (1989), en una investigación realizada con larvas de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) indicó que las proteínas se utilizan por parte de los organismos para la construcción de tejidos y las necesidades de proteína cruda por peces varían mucho dependiendo del tamaño de estos, la disponibilidad natural de alimentos, la cantidad y calidad de los alimentos suministrados, así como el contenido de proteína en la dieta. En la presente investigación, no se pudo observar algún efecto sobre los juveniles, que se relacionara al contenido proteico de la dieta suministrada fuera de 25% o 28%, contrario a lo reportado por Koberstein y Durigan (2001), quienes si reportaron mejores resultados en la menor densidad usada y el mayor porcentaje de proteína suministrado de 40%.

Visbal, T., *et al*, (2013), evaluaron 4 dietas con niveles crecientes de proteína cruda (15, 25, 35 y 45%), y valores energéticos similares entre 19,6 y 20,4 KJ g⁻¹, de manera que sean isocalóricas evaluando los parámetros zootécnicos, pesos medios finales (PMF), ganancia total de peso (GTP), tasa de crecimiento específico (TCE) e índice de crecimiento diario (ICD) de los peces, no presentaron diferencias significativas entre las dietas con 35 y 45% de proteínas, concluyendo que una dieta con 35% de proteínas, es adecuada para un buen desarrollo del pez en este estadio. Esto corrobora lo obtenido en la presente investigación, donde los juveniles alimentados con proteína de 25% y proteína del 28%, no mostraron diferencias significativas.

Arias *et al.*, (2010), reportaron igualmente que no hubo diferencias significativas ($P>0,05$) en alevinos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), entre las diferentes dietas isoenergéticas evaluadas con proteína cruda de (24,28 y 32%) con harina de pescado y sin harina de pescado, por lo tanto, se puede afirmar, que los alevinos de bocachico toleran bien las dietas carentes de la harina de pescado, siempre y cuando cuenten con un buen balance de aminoácidos ;además, pueden mostrar un buen desempeño con dietas con una PC del 24%. El nivel de proteína de las dietas utilizadas en el estudio de 25% de proteína y 28% de proteína, no presentó diferencias significativas como se pudo apreciar en la tabla 7, y tampoco en la interacción con las densidades utilizadas, de 0,06 juveniles/L y 0,12 juveniles /L por tanque, resultado importante,

debido a que las materias primas incluidas en las dietas experimentales, materias primas de origen animal, lo cual representa un ahorro importante en el costo que ello representa en los concentrados utilizados en la actualidad y al igual que Shimada (2007), quien manifestó, que la mayor parte de los costos en las dietas para alimentación animal, están representados por los ingredientes proteicos, que representan entre el 60 y 85% del costo total de las producciones pecuarias.

León, Y. (2017) en un trabajo donde evaluó el desempeño productivo con juveniles de *P. reticulatus*, alimentados con tres dietas diferentes, evidenció que para los parámetros ganancia de peso (GP), ganancia de talla (GT) y tasa específica de crecimiento (TEC), no existieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,01$), entre las dietas dos y tres (12,6 y 10,2 Kcal EB/g PC), las cuales sí difieren estadísticamente con la dieta uno (17,5 Kcal EB/g PC), reportándose en este caso menores resultados en estas variables con la mayor energía utilizada en dicho experimento.

Las conversiones alimenticias reportadas para el presente estudio fueron de 5,27; 5,30; 8,26; 6,99, para los tratamientos 1,2,3,4, respectivamente, siendo en este caso la menor la calculada para el tratamiento 1 (Densidad de 0,06 individuos/Litro con una proteína de 25%) de 5,27 y la mayor del tratamiento 3, (Densidad de 0,12 individuos/Litro con una proteína de 25%) de 8,26; sin embargo estos valores, están muy por encima de los reportados por León Y. (2017) quien trabajó con la misma especie de bocachico donde la menor conversión, se presentó en el grupo de peces, alimentados con una proteína de 10,2 Kcal EB/g PC, la cual fue de $3,64 \pm 0,26$; González y Wills A. (2003)., mostraron conversiones alimenticias de 2,26 y 5,28, en Alevinos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), sometidos a dos dietas con una proteína de 36% en una dieta convencional y una semipurificada. Ceballos, *et al.*, (2001), en su trabajo con juveniles con *Prochilodus magdalenae*, reportaron una conversión alimenticia promedio para el experimento de 1,91; 1,92 y 2,1, para los tratamientos 1,2,3 expuestos a diferentes niveles de nitritos de 0, 0,2 y 2,0 ppm. Hernández, *et al.*, (2010) en larvas de *P. mariae*, utilizando dietas con diferentes niveles de proteína, obtuvieron conversiones alimenticias entre de 1,74 y 2,18 sin presentar diferencias significativas entre los datos.

Estas conversiones tan elevadas, obtenidas en el presente estudio, pudieron ser resultado de la utilización de tablas de alimentación para alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromys*

niloticus), de una casa comercial de la región, esto debido a la inexistencia de tablas de alimentación para esta especie, lo que lleva a pensar que se suministró mucho más alimento del requerido por el animal y se desperdició gran cantidad de este, lo cual se pudo observar en la comida sobrante cuando se sifoneaban los tanques; observación similar hecha por León Y. (2017), quien manifestó la cantidad de comida encontrada en los sifoneos diarios, como resultado del bajo consumo de los peces en los acuarios. Sin embargo, estas conversiones alimenticias deben considerarse como altas, para especies acuícolas, donde se presentan conversiones alimenticias cercanas a 1.

Chaverra *et al.*, (2017) en un trabajo desarrollado con Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), obtuvieron conversiones alimenticias de 1,08 y 1,13 utilizando sistemas de biofloc; de igual manera Bru *et al.*, (2016) reportó conversión alimenticia de 0,9 para cachama blanca cultivada junto con tilapia en sistema biofloc; Oishi *et al.*, (2010), en un trabajo desarrollado con diferentes dietas libres de harina de pescado con porcentajes de proteína de 25,30,35 y 40%, en ejemplares de Tambaquí (*Colossoma macropomum*), obtuvieron conversiones alimenticias entre 1,6 y 1,7; nuevamente mostrándose, la eficiencia de conversión del alimento de estas especies piscícolas en comparación con otras especies domésticas utilizadas en producción animal.

En relación a la variable de desempeño productivo, Tasa de eficiencia proteica (TEP), la mejor TEP del presente estudio, fue la obtenida para los tratamientos con la menor densidad, de 0,06 juveniles /litro, donde un juvenil aumenta 0,05 g, por cada gramo de proteína que consumieron, obteniendo 0,03 g, mas, que los tratamientos con mayor número de individuos por litro de agua. Estos valores, son similares a los reportados por León Y. (2017), con una TEP de promedio $0,06 \pm 0,01$ g y $0,08 \pm 0,007$ g en el desempeño productivo en juveniles de *P. reticulatus* alimentados con diferente relación de energía bruta y proteína cruda, en la dieta. Oishi *et al.*, (2010) obtuvieron TEP entre $1,74 \pm 0,10$ y $2,28 \pm 0,10$ con ejemplares de Tambaquí (*Colossoma macropomum*), y encontraron diferencias entre los peces alimentados con una dieta de 25% de proteínas y menor en peces alimentados con 40% dieta de proteínas, lo que indica una tendencia a la disminución con el aumento de la dieta en los niveles de proteína. Observación que se pudo relacionar con la presente investigación, donde el nivel de proteína, fuera de 25% o de 28% no tuvo una afectación en los individuos.

En el cultivo y estudios de nutrición de los peces la Tasa de Crecimiento, es importante ya que es afectada por los tipos de alimentos proporcionados a los organismos y es un indicador de la calidad proteínica de las dietas y en condiciones controladas la ganancia en peso de los peces está en proporción a los aminoácidos esenciales suministrados. Salazar y Ocampo (2002). Respecto a la variable de Tasa de Crecimiento Específico (TEC), se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mayor, para los tratamientos con una menor densidad de juveniles, (0,06 juveniles /Litro) frente a tasas negativas de los tratamientos con una mayor densidad (0,12 juveniles/litro); en la tabla 7 se puede observar que a nivel de proteína en las dietas, no existieron diferencias entre las muestras de 25% o de 28% de proteína, pero si a nivel de la densidad de juveniles por Litro de agua, existiendo una TEC negativa para la mayor densidad de (0,12 juveniles/litro); no obstante se pudo mirar que la TEC fue mayor en cuanto al nivel de proteína de la dieta suministrada, lo que se relaciona con lo obtenido en las investigaciones de Santos *et al.*, (2010) quienes observaron en juveniles de tambaqui (*Colossoma macropomum*), que en la medida que aumenta el nivel de proteína, son mayores los valores de TEC, sin embargo presentaron TEC negativas en aquellos tratamientos, a los cuales se les privó de comida en algunos periodos de tiempo. Salazar y Ocampo, D. H. (2002) en su trabajo con peces ángel, *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio evaluando el efecto de un alimento vivo pulga de agua *Daphnia pulex* y dos alimentos secos, encontraron que la (TEC) fue mayor para los organismos alimentados con *D. pulex* debido a su contenido proteínico; en la presente investigación, entre los tratamientos 3 y 4 se pudo evidenciar una mayor ganancia de peso en los juveniles alimentados con un mayor contenido proteico, sin embargo no existieron diferencias.

Con relación a la sobrevivencia, como se pudo observar en las tablas 7 y 8, esta fue mayor en los tratamientos con una densidad menor de (0,06 juveniles/L) o 15 juveniles por tanque frente a la densidad de (0,12 juveniles/L) o 30 juveniles por tanque, no obstante, como se observó en la tabla No. 4. se presentaron diferencias significativas a nivel de la cantidad de oxígeno siendo menor a la presentada por los tratamientos con una mayor densidad de juveniles, pero esto no necesariamente debe considerarse que afectó la sobrevivencia, debido a que los niveles de O₂ medidos en la presente investigación de 8.05± 0.04 (mg/L) para la menor concentración de oxígeno medida, está por encima de los valores reportados por numerosos autores como

Pimienta *et al.*, 2014, en su libro Peces del Pamplonita quienes informan de un Oxígeno disuelto requerido por el bocachico en condiciones naturales de 4,2 – 7,0 mg/L o Gómez *et al.*, (2018), quienes en sus repoblamientos con larvas de (*Prochilodus reticulatus*), a comunidades campesinas asentadas en la zona ribereña del río Ranchería en el departamento de La Guajira, recomendaron niveles de Oxígeno Disuelto mayores a 6,5 mg/L.

Estos resultados relacionados con la densidad, coincidieron con los obtenidos por Koberstein y Durigan, (2001), quienes evaluaron diferentes densidades (0,5, 0,75 y 1 larva/litro) en dos dietas, con diferentes contenidos de proteína bruta (35 y 40% PB) con larvas de curimbatá (*Prochilodus scrofa*) y reportaron que las mejores tasas de supervivencia se obtuvieron en una densidad de población de las 0,5 larvas/litro, (la menor densidad utilizada) con un mejor promedio de peso de la larva proporcionado por la proteína 40% comparada con una menor proteína de 35%. Fuentes y Senhorini (1992) citados por Koberstein y Durigan, J. G. (2001) evaluaron el efecto de tres densidades de población en el desarrollo de las larvas de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) reportaron mejores resultados para media de supervivencia de 44,0%, 23,0% y 23,0% para densidades de almacenamiento de 40, 80 y 160 larvas/m³ respectivamente obteniendo mejores resultados, el menor número de larvas, por espacio.

Teniendo en cuenta el presente estudio donde la mortalidad fue más alta en los tratamientos con una mayor densidad de juveniles, es posible resaltar el trabajo desarrollado Brandão *et al.*, (2004), citado por Della Rosa, *et al.*, (2016) quienes señalaron, que cuando la densidad ideal es superada, el crecimiento y supervivencia de los individuos se ve perjudicado.

6. CONCLUSIONES

El nivel de proteína en las dietas suministradas (25% y 28%) a los juveniles de *P. reticulatus*, no presentó un efecto diferencial en cuanto a las variables de desempeño productivo, Ganancia de peso (GP), Conversión alimenticia CA, Tasa específica de crecimiento (TEC), Tasa de eficiencia proteica (TEP) y sobrevivencia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presentaron diferencias significativas respecto a la densidad menor de 0,06 juveniles/litro en comparación con la densidad de 0,12 juveniles/litro, en las variables de desempeño productivo: ganancia de peso (GP), Tasa específica de crecimiento TEC y Tasa de eficiencia proteica TEP concluyendo que los juveniles tuvieron un mejor desempeño en las variables anteriores, en la menor densidad de siembra. No se presentaron diferencias significativas respecto a la variable de Conversión Alimenticia.

Se presentaron diferencias significativas en la sobrevivencia de los juveniles de *P. reticulatus* respecto a las densidades utilizadas en la investigación, siendo mayor la sobrevivencia en los animales que tuvieron la menor densidad de siembra.

El Oxígeno Disuelto presentó diferencias significativas, en los tanques con mayor número de juveniles por litro de agua, sin embargo, los niveles de oxígeno, se encuentran en los rangos reportados por diferentes autores sobre las condiciones que requiere la especie, descartándose la idea de una posible afectación en la sobrevivencia de los individuos.

7. RECOMENDACIONES

Se deben realizar más estudios sobre esta especie de bocachico nativa de algunas cuencas del Departamento Norte de Santander, en aspectos reproductivos, nutricionales y etológicos que permitan reforzar el conocimiento que se tiene actualmente sobre la especie y aumente su uso en sistemas de producción piscícola en la región, buscando proteger la especie de una inminente extinción.

Es importante continuar con la investigación de diferentes materias primas de origen vegetal especialmente nativas de la región, para evaluar el desempeño productivo de esta especie de bocachico la cual es una especie promisoría para acuicultura continental y que tiene una importancia económica grande en la región, además de ser un plato típico en la gastronomía del departamento.

Se recomienda continuar con este tipo de investigaciones donde se ensayen diferentes valores en cuanto porcentajes de proteína, cantidades de energía y otros nutrientes, con el fin de mirar el efecto en el desempeño productivo, y proponer posibles tablas que puedan considerarse para producción intensiva y sirvan como referente para productores en la región.

Especies como el bocachico requieren de mayor espacio para poder tener altas tasas de sobrevivencia y un mejor desempeño productivo como se ha podido ver en los resultados de este trabajo y en la información citada, por lo que es importante tener en cuenta esta característica en el momento de considerarse para policultivos con otras especies utilizadas en la región como cachamas y tilapias.

BIBLIOGRAFÍA

- Abimorad, E.G.; Favero, G.C.; Castellani, D.; Garcia, F.; Carneiro, D.J. (2009). Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) reared in cages. *Aquaculture*. 295(3,4):266-270.
- Agua Verde Acuicultura (s.f). Bocachico, *Prochilodus* sp. Recuperado el 08 de enero de 2016 de http://www.aguaverdeacuicultura.com/Portals/4/PDF_Productos/Bocachico.pdf
- Agudelo Córdoba, E., C. L. Sánchez Páez, C. A. Rodríguez, C. A. Bonilla-Castillo y G. A. Gómez. (2011a). Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. Capítulo 5. Pp. 143-166. En: Lasso, C. A., F. de P., Gutiérrez, M. A. Morales- Betancourt, E. Agudelo, H.
- Arias-Gallo, M., Jiménez-Segura, L. F., & Dorado, M. D. P. (2010). LARVAL Development of *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1879) (Pisces: Prochilodontidae), Magdalena river, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 32(93), 199-208.
- Atencio-García, V., Kerguelén, E., Wadnipar, L., & Narváez, A. (2003). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*, 254-260.
- Brandão, F.R., L.C. Gomes, E.C. Chagas & L.D. Araújo. (2004). Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recríaem tanques-rede. *Pesq. Agr. Bras.*, 39(4): 357-362.
- Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Serafini, M. A., Ribeiro, F. B., & Pena, K. D. S. (2005). Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 1795-1806.
- Brú-Cordero SB, Pertúz-Buelvas VM, Ayazo-Genes JE, Atencio-García VJ, Parado-Carrasco SC. (2017). Bicultivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en biofloc alimentadas con dietas de origen vegetal. *Rev Med Vet Zoot*; 64 (1): 44-60.
- Ceballos, S., Pinzón, O., & González, J. F. (2001). Efecto de dos concentraciones de nitritos sobre el crecimiento y sobrevivencia en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 48(1), 11-15.

- Chaverra Garcés, S. C., García González, J. J., & Pardo Carrasco, S. C. (2017). Biofloc effect on juvenils Cachama blanca *Piaractus brachypomus* growth parameters. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(3), 170-180.
- Della Rosa, Paola, Ortiz, Julio C, Cáceres, Antonio de la C, Sánchez, Sebastián, & Roux, Juan P. (2016). Desempeño del sábalo *Prochilodus lineatus* en policultivo con pacú *Piaractus mesopotamicus*. *Latin american journal of aquatic research*, 44(2), 336-341.
- Dias, T.C.R. Desenvolvimento de larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, HOLMBERG, 1887) com dietas naturais e artificiais. Jaboticabal, (1989). 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista. 1989.
- ECOPETROL/ PDVSA/ INTEVEP. (1996). Monitoreo biológico y químico de la cuenca del río Catatumbo, Caracas. 216 pp.
- Fontes, N.A., Senhorini, J.A. Larvicultura do pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) (Pisces Characidae) em diferentes densidades de estocagem. In: SIMPÓSIO Brasileiro de aquíicultura, 7 e encontro nacional de patologia de organismos aquáticos, 2. Peruíbe-SP. Anais..., ACIESP, (1992). 260p. p.29.
- Furuya, W.M; Pezzato, L.E.; Barros, M.M; Pezzato, A.C.; Furuya, V.R.B.; Miranda.E. (2004). Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture Res.* 35:1110-1116.
- Galvis, G. y J. I. Mojica. 2007. The Magdalena River fresh water fishes and fisheries.
- García, J., Celis, L., Villalba, E., Mendoza, L., Brú, S., Atencio, V., y Pardo, S. Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* y tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando superficies fijadoras de perifiton. *Med. Vet. Zoot.* 58(II) p 71-83 (2011).
- Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (Eds.). (2016). Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Gómez, M. A. C., Vilorio, D. A. R., Díaz, E. R., & Luna, J. P. M. (2018). Repoblamiento de peces en el río Ranchería y transferencia tecnológica en el cultivo del pez nativo bocachico (*Prochilodus*

reticulatus), a comunidades campesinas asentadas en la zona ribereña del río Ranchería en el departamento de La Guajira, Colombia. *Revista Siembra CBA*, (1), 79-91.

- González, R. A., & Wills, A. (2003). Evaluación del desempeño de los juveniles del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) steindachneer, 1878 sometidos a dos tipos de dieta. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 50(2), 50-56.
- Graeff, A., y Tomazelli, A. De Leão Serafini R. Influência da densidade do curimbatá *Prochilodus lineatus* como espécie principal de um policultivo de carpas Cyprinideos. *Rev. Elec. Vet.* 15(01) (2013).
- Guerrero Alvarado, C. E. (2003). Treinamento alimentar de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): Sobrevivência, crescimento e aspectos económicos.
- Gutiérrez, F. P., C. Barreto Reyes y B. Mancilla Páramo. (2011). Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Magdalena- Cauca. Capítulo 1. Pp. 35-73. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 10 (2): 127-139.
- Hahn, C., y Grajales, A. Comportamiento de dos especies nativas, dorada *Brycon moorei* y bocachico *Prochilodus reticulatus* sembradas en condiciones artificiales de cultivo, en policultivo con tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* (Santagueda, Caldas-Colombia) *Rev. Elec. Ing. Prod. Acuí.* 2, p.19–38 (2007).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* . Ciudad de México. México: MCGRAWHILL INTERAMERICANA.
- Hernández, G., González, J., Alfonso, E., Salmeron, Y., & Pizzani, P. (2010). Effects of the relation energy/protein in the larvas of coporo (*Prochilodus mariae*).
- Ibarra, L. I. A., García, I. S., & Alvarado, C. E. G. (2018). Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*). *Respuestas*, 23(1), 32-38.

- Jaramillo-Villa, U., & Jiménez-Segura, L. F. (2008). Algunos aspectos biológicos de la población de *Prochilodus magdalenae* en las ciénagas de Tumaradó (Río Atrato), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30(88), 55-66.
- Koberstein, T. C. R. D., & Durigan, J. G. (2001). Produção de larvas de curimatá (*Prochilodus scrofa*) submetidas a diferentes densidades de estocagem e níveis de proteína bruta nas dietas. *Ciência Rural*, 31(1), 123-127.
- León Y. (2017). Relación entre energía y proteína en dietas para juveniles de bocachico del Catatumbo (*Prochilodus reticulatus*). Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. P. 23
- López, N., Ruíz, C., & Landines, M. (2005). Descripción macroscópica del desarrollo larval del coporo (*Prochilodus mariae*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 52(II), 110-119.
- Millán, G. A. C. (2003). Guía para el manejo, cría y conservación del bocachico: *Prochilodus magdalenae* (Steindachner) (No. 126). Convenio Andrés Bello.
- Miranda-Gelvez, R. A., & Guerrero-Alvarado, C. E. (2015). Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Respuestas*, 20(2), 82-92.
- Mojica, J., G. Galvis, P. Sánchez-Duarte, C. Castellanos y F. Villa. (2006) b. Peces del Valle Medio del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1): 23 – 38.
- Mojica, J. I.; J. S. Usma; R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds). (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.
- Morales M. y Lasso C. (2011). Catálogo de las especies. Capítulo 7. Pp. 321-322. En: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos

Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Oishi, C. A., Nwanna, L. C., & Pereira Filho, M. (2010). Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. *Acta Amazónica*, 40(4), 757-762.

Ortega-Lara, Armando; Lasso-Alcalá, Oscar M.; Lasso, Carlos A.; Andrade de Pasquier, Glenys; Bogotá- Gregory, Juan D. Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela Biota Colombiana, vol. 13, núm. 1, (2012), pp. 71-98 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Bogotá, Colombia

Pimienta A., M. Serrano, L. Pinzón, M. Caraballo, C. Burgos Y. J. Anaya. (2014). Peces del Río Pamplonita, cuenca del río Catatumbo, Norte de Santander Colombia. Instituto Colombiano de Petróleo. Piedecuesta, Colombia. 164 páginas.

POMCH (2009-2010), Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, Grupo Técnico Subdirección de Recursos Naturales. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Zulia.

Quintero, C. L. G. (2016). Caracterización reproductiva de la especie (*Prochilodus reticulatus*) como potencial productivo para la zona del Catatumbo-Norte de Santander. *Revista Ingenio*, 12(1), 67-73.

Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). (2013). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Roa-Lázaro, A., Espinosa-Araujo, J., Prieto-Guevara, M., Pertuz-Buelvas, V., & Atencio-García, V. (2017). Levante de reproductores de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc. *Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales*, 202-205.

- Salhi, M.; Bessonart, M.; Chediak, G.; Bellagamba, M.; Carnevia, D. (2004). Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. *Aquaculture*. 231:435–444.
- Santos, L., Pereira Filho, M., Sobreira, C., Ituassú, D., & Fonseca, F. A. L. D. (2010). Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. *Acta Amazonica*, 40(3), 597-604.
- Salazar, M. B. S., & Ocampo, D. H. (2002). Tasa de crecimiento del Pez Ángel (*Pterophyllum scalare*) (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. *Acta Universitaria*, 12(2), 28-33.
- SAS Institute Inc., (1999). *SAS/STAT® user's guide, version 8.0 edition*. SAS Institute, Cary, NC.
- Shimada A. (2007). Importancia de la nutrición Animal. 16-19. *Nutrición Animal Libro*.
- Twibell, R.G.; Griffin, M.E.; Martin, B.; Price, J.; Brown, P.B. (2003). Predicting dietary essential amino acid requirements for hybrid striped bass. *Aquac. Nutr.* 9:373-381.
- Unión Temporal Guajira. (2003). Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental del Proyecto de Adecuacion de Tierras del Rio Ranchería en el Departamento de la Guajira. Unión Temporal Guajira.
- Usma J., Valderrama M., Escobar M., Ajiaco R., Villa F. y otros (2009). Peces dulceacuícolas migratorios en Colombia Pp. 103. En: Plan Nacional de las especies migratorias 2009. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y WWF Colombia., Bogotá D.C. Colombia, 214 PP
- Valderrama, M., M. Petre Jr., M. Z. Villareal y G. V. Uribe. (1993b). Parámetros poblacionales (mortalidad, rendimiento máximo sostenible) y estado de explotación del bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878; Prochilodontidae) del Bajo Río Magdalena (Colombia). *Boletín Científico INPA* 1: 43-60.
- Visbal, T. E., Morillo, M., Altuve, D., Aguirre, P., & Medina, A. L. (2013). Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 141-146.

Von, C. M. H., & Grajales, A. (2007). Comportamiento de dos especies nativas, dorada (*Brycon moorei*) y bocachico (*Prochilodus reticulatus*) sembradas en condiciones artificiales de cultivo, en policultivo con tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), (Santagueda, Caldas Colombia).

ANEXOS

Anexo.1. Resultados análisis de Proteína Kjeldahl a los concentrados utilizados en la investigación



INFORME DE ENSAYOS No. 97286

Fecha de Ingreso: 2020-07-31 Fecha del Informe: 2020-08-04
Procedencia: JORGE RUBIO Remitente: JORGE ALEXANDER RUBIO
Dirección: CALLE 7 # 10-18 BARRIO EL LLANO Ciudad: CÚCUTA
Teléfonos: +57 3115235888 Número Interno: 18922
Número de Muestras: 2

Muestra No. 1 - MUESTRA A

Análisis	Resultado	Unidades
PROTEÍNA	25.59	%

La contramuestra se retendra hasta el 2020-08-30

Muestra No. 2 - MUESTRA B

Análisis	Resultado	Unidades
PROTEÍNA	27.98	%

La contramuestra se retendra hasta el 2020-08-30

MÉTODOS DE REFERENCIA

PROTEÍNA: Alimentos. Determinación de Nitrógeno. Método Kjeldahl., Covenin 1195-80

Los resultados corresponden a las muestras aquí mencionadas. Este informe no podrá ser reproducido en modo alguno sin previa autorización de NUTRIANALISIS LTDA.

Firma Autorizada:

Q.F. MARIA CRISTINA OTALORA
DIRECTOR TÉCNICO

Anexo 2. Cálculo de cantidades de alimento, para determinar conversión alimenticia (CA).

No. tanque	Tratamiento	Pesaje inicial (g)	Biomasa (g)	Cantidad de alimento (g)	Cantidad de alimento en días (g)
	1 (15/25)	0,524	7,86	0,4323	6,4845
	2 (15/28)	0,524	7,86	0,4323	6,4845
	3 (30/25)	0,524	15,72	0,8646	12,969
	4 (30/28)	0,524	15,72	0,8646	12,969
		1erpesaje 22112019 (g)	Biomasa (g)	Cantidad de alimento (g)	Cantidad de alimento en días (g)
1	15/25	0,9754	14,631	0,804705	12,070575
9	15/28	0,920866667	13,813	0,759715	11,395725
5	30/25	0,658233333	19,747	1,086085	16,291275
12	30/28	0,4705	14,115	0,776325	11,644875
		2dopesaje06122020 (g)	Biomasa (g)	Cantidad de alimento (g)	Cantidad de alimento en días (g)
4	15/25	1,101	16,515	0,908325	13,624875
16	15/28	1,031	15,465	0,850575	12,758625
13	30/25	0,529	15,87	0,87285	13,09275
3	30/28	0,813	24,39	1,34145	20,12175
		3erpesaje20122019 (g)	Biomasa (g)	Cantidad de alimento (g)	Cantidad de alimento en días (g)
8	15/25	1,181	17,715	0,974325	14,614875
2	15/28	1,242	18,63	1,02465	15,36975
11	30/25	0,825	24,75	1,36125	20,41875
10	30/28	0,691	20,73	1,14015	17,10225
		4topesaje03012020 (g)	Biomasa (g)	Cantidad de alimento (g)	Cantidad de alimento en días (g)
15	15/25	1,387	20,805	1,144275	17,164125
14	15/28	1,42	21,3	1,1715	17,5725
6	30/25	0,926	27,78	1,5279	22,9185
7	30/28	0,955	28,65	1,57575	23,63625
					0
		Tratamientos	Alimento total (g)		
		Tratamiento 1 (15/25)	63,95895		
		Tratamiento 2 (15/28)	63,5811		
		Tratamiento 3 (30/25)	85,690275		
		Tratamiento 4 (30/28)	85,474125		

